參、台灣之洋菇堆肥

宋細福
台灣省農業試驗所植物病理系

前　言

洋菇堆肥在本省，自1953年至目前1991年，前後38年間，由於資詢、技術、設備及人力之變化，而致其製作之方法也隨之而有相當的改變。

早期1950～1960年代，一般都認爲洋菇於自然界是長在腐熟的有機質或馬糞上，故製作堆肥時都實施長期堆積，目的在於堆製成高腐熟度之堆肥。1960～1980年代，由於世界各國研究之趨向，都往省工及減少堆積時間方面進行，故本省也由長期醱酵法，逐漸改爲短期醱酵法，甚而推行菌床醱酵法。惟自1985年以後，因堆肥翻堆作業大都改以租用機械翻堆，翻堆工資因此而大大的減少，因之以減少堆積時間而減少翻堆工資之方法，已不如以往之必要，同時爲增加菇床單位面積填裝堆肥量，藉以提高產量，及減少堆肥在上床時之體積，本省隨之又將原來只堆積1～7天之方法再漸漸改爲堆積12天之菌床醱酵方法。

玆將本省歷年推行之洋菇堆肥製作及配方述之如下，以供參考。

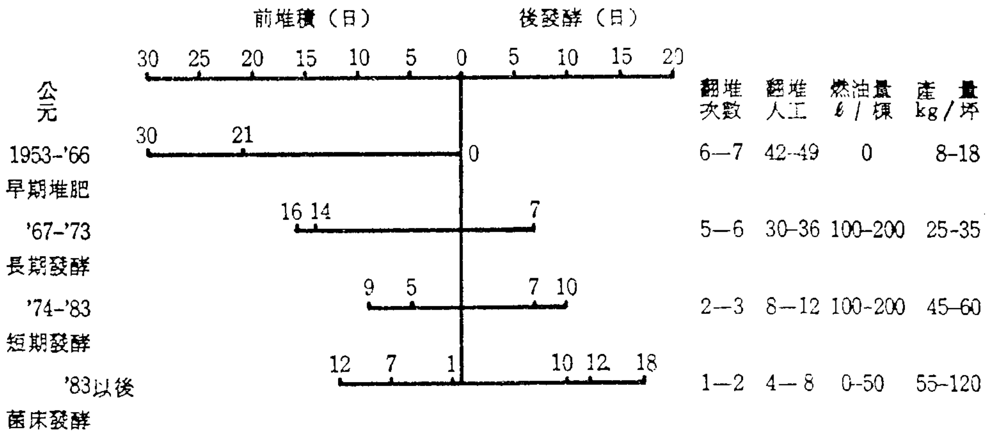
洋菇堆肥製作方法之演變

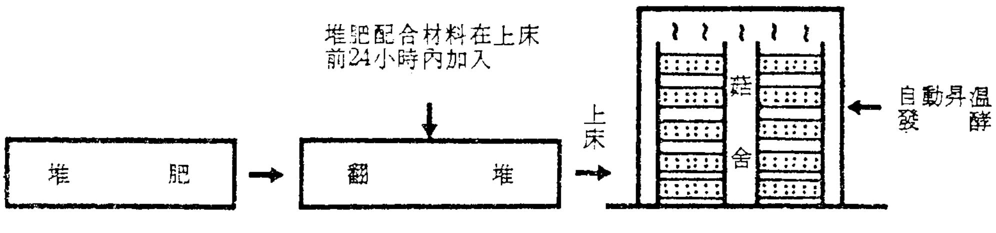
洋菇(*Agaricus bisporus*)，在本省於1953年，由台灣省農業試驗所著手引進研究栽培，至目前1988年止，其間堆肥製作方法之演變，大致可以分爲：

1.早期堆肥期[10]，2.長期醱酵期[12]，3.短期醱酵期[16]及4.菌床醱酵期[17,18]等四個階段，在以上之發展過程中，因配合品種及栽培技術之改良，不但在人工及成本方面逐期得以大幅減少，且在單位面積產量方面，也有明顯的提高。

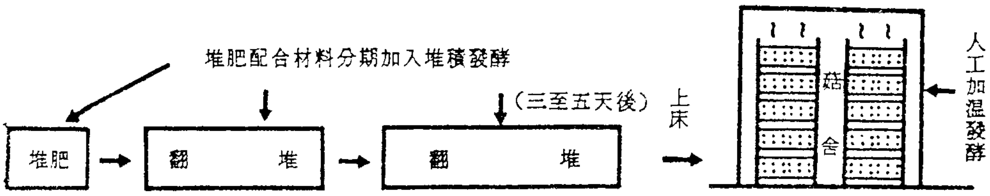
早期堆肥，自民國四十二年至五十五年(1953至1966年)止，由最早堆製三十天，漸漸改爲堆製二十一天，不實施後醱酵即行下種栽培，當時因尚採手工切草，長度都在1尺以上，甚至還有不予切斷，保持二～三尺原稻草之長度，即行加水堆積者，故需翻堆六至七次，50坪份之堆肥需翻堆人工42至49工，而產量只有8至18公斤／坪。至民國五十六年至六十二年(1967～1973年)，實施長期醱酵後[12]，因已採用機械切草，長度在五寸左右，故堆積時間也縮短爲十四至十六天，人工也減爲30至36工，此期雖因實施後醱酵，需多用燃油100至200公升／50坪／棟，但一般產量却由前期之8至18公斤／坪，一躍而達25至35公斤／坪。到民國六十三年至七十二年(1974至1983年)，推廣短期醱酵[13]，更將稻草切爲一寸左右，堆積時間更減爲五至九天，人工減爲8至12工，產量達45至60公斤／坪。

目前民國七十三年(1984年)後，擬推廣「菌床醱酵」[17,18]，本方法可依栽培者之設備，習慣或工作調配之需要，將稻草堆肥材料，加水堆積一天或七天，甚至十二天以上，然後在堆肥上床前24小時內，將配合材料一次加入堆肥中混拌均勻後，隨即上床，進行後醱酵，後醱酵時間，依前堆積時間及後醱酵微生物成長狀況而定，一般前堆積十二天者，後醱酵十天以上；前堆積七天者，後醱酵十二天以上，前堆積一天者，後醱酵十八天以上。本方法，因翻堆次數只需一至二次，故翻堆人工只需4至8工／50坪／棟。而在後醱酵之用油方面，因堆肥上床後，在菇舍中，可以自動昇溫醱酵，故用量很少，甚至在氣溫適當時間進行，可以完全不需用油加溫，即可達到所需之溫度要求，不會如傳統醱酵方法，因配合材料需分期施用，且最後一次需經三至五天之堆積才能上床，而致熱量不夠，一定需人工加溫才能完成後醱酵之目的（表九、圖一、圖二）。





圖一、菌床發酵法示意圖

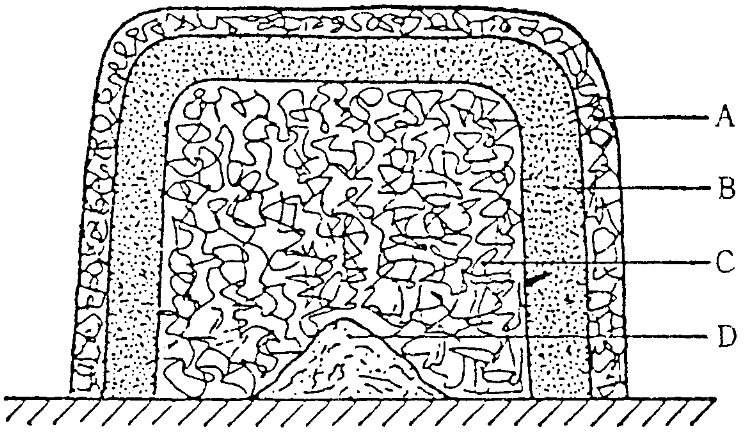


圖二、傳統堆積方法示意圖

洋菇堆肥堆積

洋菇堆肥材料經預濕處理後，一般國內外之習慣上，都是堆成寬1.8m，高1.5m左右，長依地形而定之堆形以待醱酵處理。

在堆積期間，堆內材料之變化情況，可以下圖作一表示。



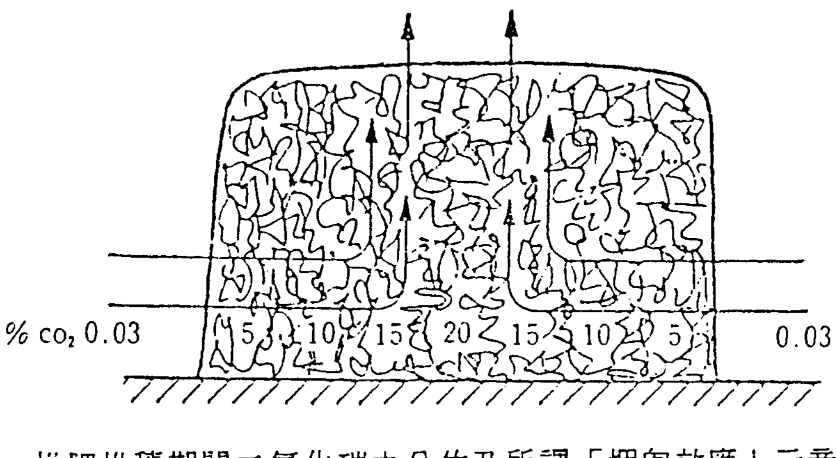
圖三、堆肥材料堆積期間之分區狀況

A、外層，溫度低、不發酵區。

B、放射菌生長層、高溫、易失水，造成過乾區。

C、最佳發酵條件區。

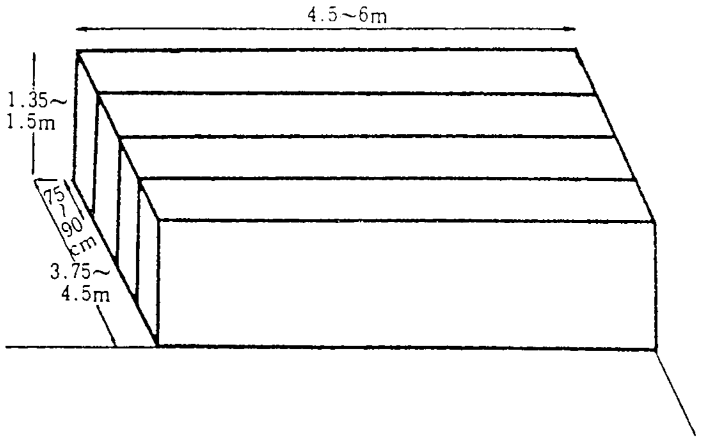
D、嫌氣發酵區。



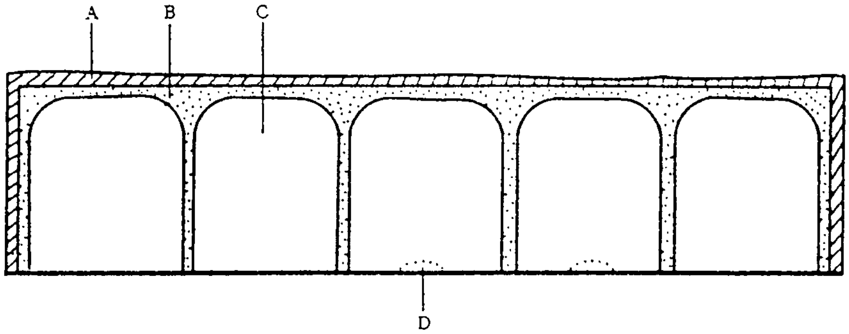
圖四、堆肥堆積期間二氧化碳之分佈及所謂「烟囱效應」示意圖。

堆肥堆積期間，二氧化碳之含量是由外而內漸次增多，爲使堆內之氧氣不斷供應，乃端賴「煙囪效應」自動由堆外之空氣吸入堆內，進行正常之醱酵，惟經過數天後，堆料會漸漸緊實，而致通氣不良，堆溫下降，故須即予翻堆以增氧氣之供應。

本省洋菇堆肥，一般都是在室外堆積，爲增加「最佳醱酵區」，並減少「嫌氣醱酵區」及「外層不醱酵區」，筆者乃研究並推廣一種「小堆連堆堆積法」，得到相當良好之成效，如圖五、六。



圖五、小堆連堆堆積法外觀示意圖



圖六、「小堆連堆堆積法」堆肥材料堆積期間之分區狀況
說明：A、B、C、D 之代號與圖三同。

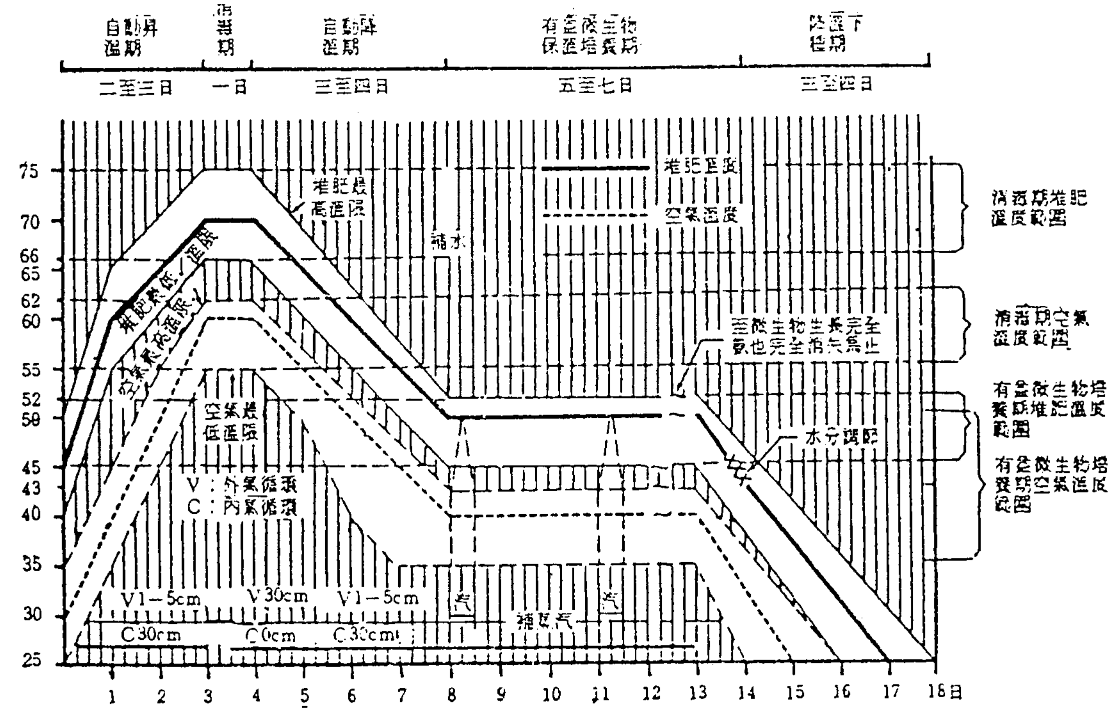
後醱酵

一、後發酵之目的：

洋菇堆肥堆積完成後，必需實施後醱酵，在後醱酵期間，除了利用高温滅滅堆肥中有害病蟲原體外，還有培養有益之微生物及改變理化性，使適合於培養洋菇之目的。因此，洋菇堆肥後醱酵之得失，可以決定洋菇栽培之成敗，一般在前堆積時，如堆肥品質未達理想，在後醱酵期尚可施以適當的糾正，使其成爲好的堆肥；如果後醱酵實施不得法，不但不能改善堆肥之品質，反而會將堆積良好之堆肥變成不適栽洋菇之劣質堆肥，而致無可挽回減產之局面。

二、後醱酵溫度控制模式圖：

洋菇堆肥之後醱酵（第二次醱酵），因第一次堆積醱酵方法或後醱酵設備之不同而有相當的差異，茲將目前國內外採行之溫度控制模式圖列於下圖七，以供參考。



圖七、本省推廣之洋菇堆肥菌床醱酵，後醱酵之溫度控制模式。

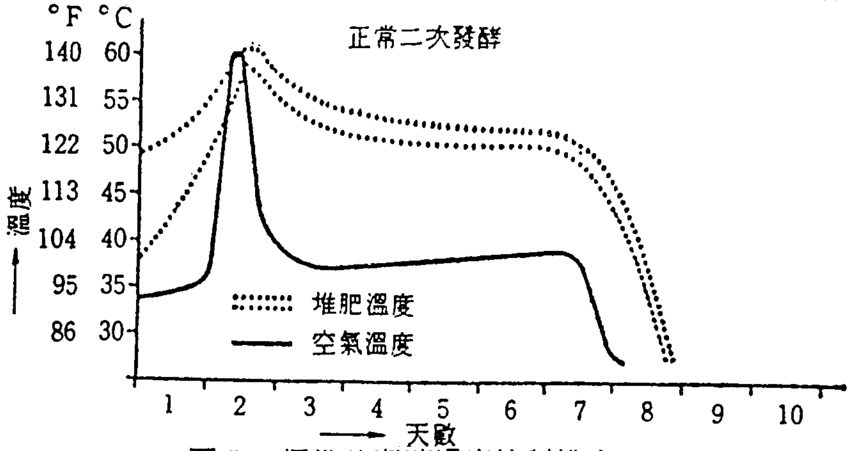
本式後醱酵時，在堆肥上床後，一般正常的情況下，會自動醱酵升溫達攝氏66～70度左右，在此期間，不宜採用人工蒸汽加溫。

至其自動降溫至攝氏50度時，一般爲7～8天，此時如發現菇床表面過乾，可酌予補水，然後再酌加4～6小時蒸汽，使堆肥不再降溫即可。如發現加入蒸汽期間，堆肥有開始升溫現象時，應即停止加入蒸汽，以免加溫過當，失去自行醱酵保溫能力。

此後堆肥溫度在攝氏45～52度間，應保持5～7天。在此期間，如溫度快低於45度時，需再酌予加入蒸汽，以保持適當的溫度。不過一般正常在10月中旬前實施本方法，往往後醱酵期間完全不需人工加入蒸汽，即可達到堆肥與空氣所需的標準溫度要求。

一般在堆肥上床後24小時內，床溫會自動昇至40～45℃而室溫大致是在35℃左右，隨即通入蒸汽加溫，使室溫慢慢達到57～58℃，維持3～4小時，進行消毒作用，此時堆肥之中心溫度，往往會提昇至60～62℃，爲避免堆肥品質因溫度超溫過久而受害，應隨即減少通入蒸汽或完全關閉，使堆肥在8～12小時內，降至57～58℃，以後再以每天降溫1.5～2℃，至

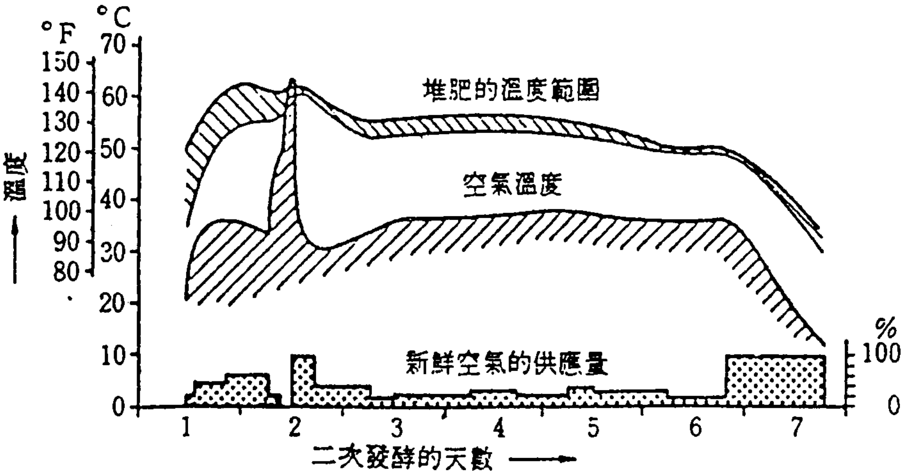
55℃以下時，再以適量的蒸汽，使堆肥溫度維持在50℃左右，至全部過程在7～8天時，堆肥整體都會長滿灰白色之放射菌(Actinomycetes)及較化菌(*Humicola* sp.或*Torula* sp.)，隨即在堆肥表面輕輕灑一層冷水，然後開窗通氣，使床溫從48～50℃迅速降至25℃左右，以備下種。



圖八、標準後醱酵過度控制模式

本式後醱酵時，在堆肥上床24小時內，床溫在40℃以下，須即以蒸汽加溫，如床溫自行達50℃以上，則應通入外氣使其維持40～45℃之間，至24～36小時後，床溫可昇到50～55℃，即以蒸汽加溫，使達60℃，1～2小時，進行消毒作用，此時之床溫都會昇至60～63℃，隨即可以關閉蒸汽，並供應大量之新鮮空氣，使床溫下降至50～55℃範圍，全部後醱酵過程在7天左右，堆肥完熟後，即予盡量通入外氣，使其盡速冷却至25℃左右，以便下種。

本式之後醱酵是在特製之隧道中進行，在堆肥裝妥後，堆肥溫度可自動昇至50～60℃，如超過時應即引入適量之外氣，使保持60℃左右3～4小時，然後在8～12小時內，使溫度再降至50℃左右，維持5～7天，即可使堆肥成熟，並降溫至25℃以便下種。



圖九 Sinden-Hausar式短期醱酵堆肥，箱式栽培後醱酵溫度控制模式

表十、台灣早期推廣之洋菇堆肥配方(1953～1968年)

早期洋菇堆肥配方之一

材料名稱	指　數 (稻草爲準)	重　量 (公斤/10坪)
稻　草	100	1,500
硫酸錏	2	30
尿　素	1	15
氯化鉀	0.83	12.5
過磷酸鈣	3	45
碳酸鈣	2	30
石膏粉	2	30

早期洋菇堆肥配方之二

材料名稱	指　數 (稻草爲準)	重　量 (公斤/10坪)
稻　草	100	1,500
水	200～300	3,000～4,500
硫酸錏	2	30
尿　素	0.5～1	7.5～15
碳酸鈣	2～2.5	30～37.5
過磷酸鈣	2～3	30～45
細　土	13.3～26.6	199.5～399.0

早期洋菇堆肥配方之三

材料名稱	指　　數 (稻草爲準)	重　　量 (公斤/10坪)
稻　　草	100	1,200
硫 酸 銨	2	24
尿　　素	1	12
碳 酸 鈣	2.08	25
過磷酸鈣	3.0	36
一 豆 餅	0.04	0.48

早期洋菇堆肥配方之四

材 料 名 稱	重 量 (公 斤 /每 坪)
香　茅　草	75～85
硫　酸　銨	3
牛　豬　糞	適 宜
碳　酸　鈣	2.4
過 磷 酸 鈣	2.8
水	150
土　　壤	60

表十一、本省推廣洋菇堆肥長期醱酵法之堆肥配方(1969～1973年)

材料名稱	每坪使用量(公斤)	備註
稻草	100	蓬來稻草切成約五寸長。
硝石灰	2	硝石灰與水混合成石灰乳貯於桶內。
水	200	稻草浸濕後堆積或充分灑於稻草上。
硫銨	2	第一次翻堆時施用，平均散佈於稻草上。
尿素	1	堆積時散佈於稻草上。
過磷酸鈣	2	第二次翻堆時平均散於稻草上。
碳酸鈣	約2	第三次翻堆時調節。

表十二、本省推廣洋菇堆肥短期醱酵法堆肥配方(公斤)(1974～1983)

材料名稱	指數	一坪份	五十坪份	備考
稻草	100	100	5,000	
硝石灰	2	2	100	
硫銨	2	2	100	
豆餅粉	1	1	50	
過磷酸鈣	3	3	150	
碳酸鈣	1	1	50	
糖蜜及微生物	1	1	50	
有機氮	10	10	500	經堆積醱酵並乾燥者。

表十三、本省新推廣洋菇堆肥菌床醱酵法堆肥配方(公斤)(1984以後)

材料名稱	指數	五十坪份用量	備考
稻草	100	5,000	
硝石灰	2	100	在軟化處理時用。
硫銨	2	100	分在軟化處理及翻堆時各用50%。
碳酸鈣	1	50	
過磷酸鈣	3	150	
有機氮	10～20	500～1,000	
糖蜜	1	50	
石餅粉	2	100	加水堆放4～8小時後施用。
米糠	3	150	
水	250	12,000	
合計	374～384	18,700～19,200	

參考文獻

①Atkins, F. C. 1966 Mushroom growing today. 188 Faber and Faber Limited, 24 Russell Square, London.

②Carapiet George 1981 Phase II or cookout Mushroom Science XI Proceedings of the Eleventh International Scientific Congress on the Cultivation of Edible Fungi. p.311-318.

③Kligman, A. M. 1950 Handbook of Mushroom Culture. 365. Business Press INC Lancaster, Pinnsylvania.

④Laborde, Jet., 1987 Indoor Static Composting : Process and Main Data. XIIth International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi Abstracts. P.88.

⑤Minnigerode, H, F. von 1981 . A method for controlling and regulating the composting process, Mushroom Science XI Proceedings of the Eleventh International Scientific Congress on the Cultivation of Edible Fungi P.265-278.

⑥Morris E. Schroeder 1988 Ventilation and Cooling Requirements for the Button Mushroom., Mushroom News P.12-15.

⑦Perrin, P. S. and R. H. Gage 1987 Controlled Environment Composting, XIIth International Congress on the Science and Culltivation of Edible Fungi Abstracts, P.113.

⑧Shieh Neng 1981 A Compost Fermentation method by means of forced air cir-culation. Mushroom Sicence XI, P.279-292.

⑨Vedder, P. J. C. 1978 Composting, Modern Mushroom Growing. P.165-227.

⑩胡開仁 1956 西洋菌培養法 農復會編印 p.8。

⑪宋細福、胡開福 1968 洋菇堆肥堆積方法之改進研究 台灣省農業試驗所試驗報告 第25號 p.21-29。

⑫何銘樞 1972 最新洋菇栽培理論與實際 瑞成書局 p.113。

⑬施明山、宋細福、胡開仁 1974 洋菇堆肥短期醱酵及實際栽培技術之研究 台灣農業季刊10(3)。

⑭胡開仁、宋細福 1974 放射菌與洋菇及堆肥中幾種微生物生長關係之研究 農業研究23(3)。

⑮洋菇試驗研究資料編輯委員會 1975 洋菇栽培要覽 33。

⑯宋細福 1976 洋菇堆肥短期醱酵方法 農林廳 省農會編印 12。

⑰宋細福 1977 洋菇堆肥菌床醱酵法之研究 科學發展月刊 第五卷 第九期 p.762-771.

⑱宋細福 1985 洋菇專業栽培技術 農民淺說 30-8A一園藝 70 農委會 農林廳編印 p.1-78。

肆、研究成果之回顧

鄭　燮
國立台灣大學園藝系

對台灣地區洋菇事業發展深具影響的研究成果很多，在育種選種與堆肥堆造技術上研究之成果，已分別由彭金騰及宋細福兩位先生撰稿，而病蟲害防治成果較不容易用圖片表示，本文特將菇舍結構改進與機械研究發展兩部分研究成果以簡單圖片說明。

一、菇舍結構之改進

最早用來栽培洋菇之菇舍完全以稻草與竹材建造，有扉無窗(圖一)，以後慢慢研究，在門窗及通氣窗上作了許多改進，但最大改進在於使用塑膠布，最早設計之塑膠布菇舍出現在台鳳公司二水工廠(圖二)，是以後塑膠菇舍的雛型，開始用來操作堆肥後醱酵者，則是塑膠密閉菇舍(圖三)，有門無窗便於保温，配合可移動的鍋爐進行後醱酵過程(圖四)，隨後在菇舍通風換氣上大有改善，除增開通氣窗外，更特別設計通風機械(圖五)，改善栽培環境。用冷氣栽培洋菇之研究始於民國五十二年左右，投入巨大資本建造大型菇舍者，先後有新竹之亞洲公司與嘉義的梅林公司，尤以梅林公司之菇舍，可以控制栽培室之温度最爲進步(圖六)。

二、一般機械之設計與推廣

早期切草機使用三片圓盤鋸將稻草切成四段(圖七)，以後研究改進之型式極多，用家電作動力，也有自行發電者(圖八)，廣泛推廣使用。也曾爲覆土材料設計多種碎土機(圖九)。台鳳公司實驗中心研造一種下種機，但未推廣使用(圖十)。菇體切柄機先後由台鳳公司實驗中心(圖十一)及農林廳(圖十二)研究成功，可惜未能推廣使用。另一種產品檢收站洗菇機械由農林廳開發在各檢收站使用(圖十三)。

三、堆肥翻堆機與進床機械

農試所早年曾將水稻脫殼機改裝成堆肥翻堆機(圖十四)，後由政府單位購入兩台翻堆機，雖然使用機會不多，但給業者自行開發翻堆機者有很大啟示，例如台鳳公司實驗中心研造兩種不同型式之堆翻機，曾在該公司農場廣泛使用(圖十五及圖十六)，大裕公司也仿造一種翻堆機(圖十七)，使用多年。近年農試所也研究設計這種機械(圖十八)。堆肥進床方面之機械農林廳最先著手開發(圖十九至二十一)，農試所研造一套較爲完整之機械，曾在農家試用(圖二十二)。

四、最具歷史紀念的郵品

爲配合我國首次主辦洋菇學術討論會，郵政總局於民國六十三年十一月十五日會議開會首日發行菇類郵票一套四張，貼票卡上明白以中英文說明發行郵票之目的(圖二十三)，民國

六十八年四月二十日召開台灣區第六屆洋菇學術討論會，商請郵政總局製紀念郵戳乙枚，當日在會場使用，並備妥印有大會標誌之明信片供加蓋紀念戳，(圖二十四)，此兩項郵品應是台灣地區洋菇產業最具歷史價值的紀念品。

圖1.早期洋菇舍完全以稻草與竹材建造，有扉無窗

圖2.初期塑膠布菇舍—台鳳公司二水工廠

圖3.塑膠密閉菇舍開始使用於操作堆肥後醱酵

圖4.塑膠密閉菇舍有門無窗便於保温，配合可移動的鍋爐進行後醱酵

圖5.塑膠密閉菇舍的通風換氣機械設計

圖6.用冷氣栽培洋菇可以控制栽培室之温度

7	8
9	10
11	12

圖7.早期切草機使用三片圓盤鋸將稻草切成四段

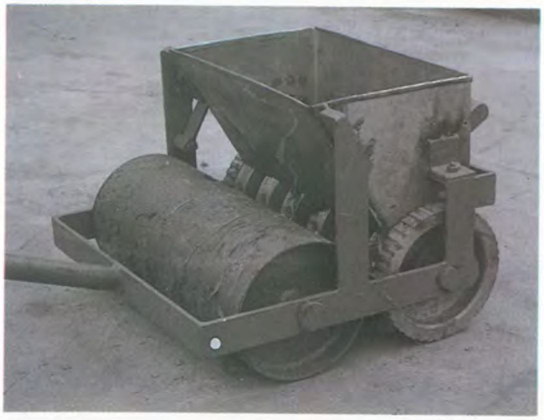
圖8.電動切草機之開發型式

圖9.覆土用之碎土機

圖10台鳳公司實驗中心研造之下種機

圖11台鳳公司實驗中心研究發展之菇體切柄機

圖12農林廳研究發展之菇體切柄機



13	14
15	16
17	18

圖13農林廳開發在各檢收站使用之洗菇機械

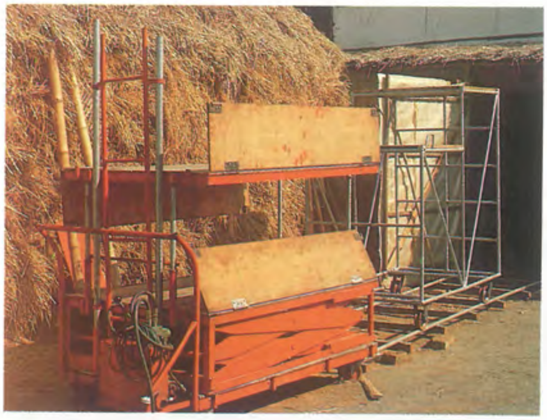
圖14農試所曾將水稻脫殼機改裝成堆肥翻堆機

圖15台鳳公司實驗中心研造翻堆機(一)

圖16台鳳公司實驗中心研造翻堆機(二)

圖17大裕公司仿造之翻堆機

圖18農試所研究設計之翻堆機



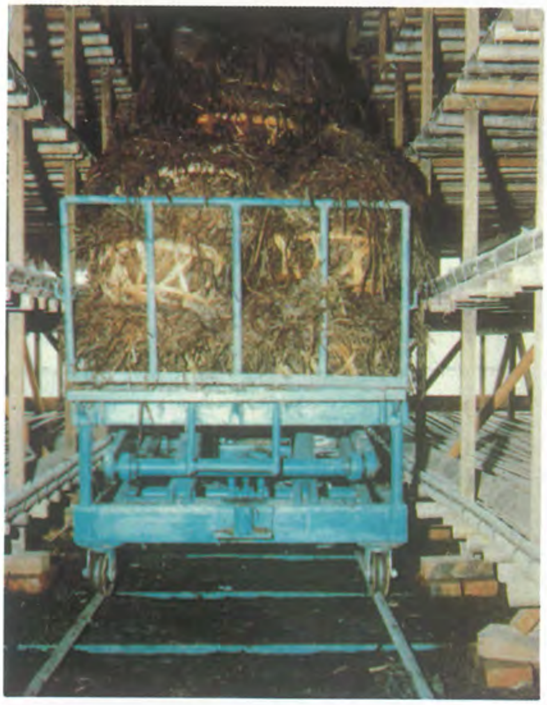


圖19農林廳開發之堆肥進床機(一)

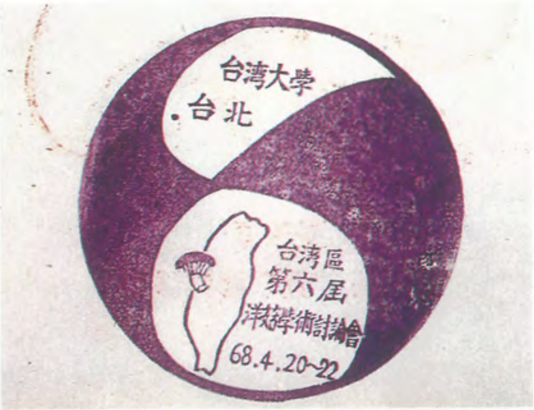
圖20農林廳開發之堆肥進床機(二)

圖21農林廳開發之堆肥進床機(三)

圖22農試所研造一套較爲完整之堆肥進床機

圖23爲配合我國首次主辦洋菇學術討論會，郵政總局於民國六十三年十一月十五日會議開會首日發行菇類郵票一套四張

19	20
21	22
	23



24	25
26	27

圖24民國六十八年四月二十日召開台灣區第六屆洋菇學術討論會，郵政總局製紀念郵戳乙枚，當日在會場使用，並備妥印有大會標誌之明信片供加蓋紀念戳

圖25台農一號

圖26台農二號

圖27台農三號

圖28早期長期發酵堆肥堆製情形

28-①	28-②
28-③	28-④

①切草

②翻堆

③施肥

④不切稻草，保持稻草60～90Cm長之最早期堆製情形

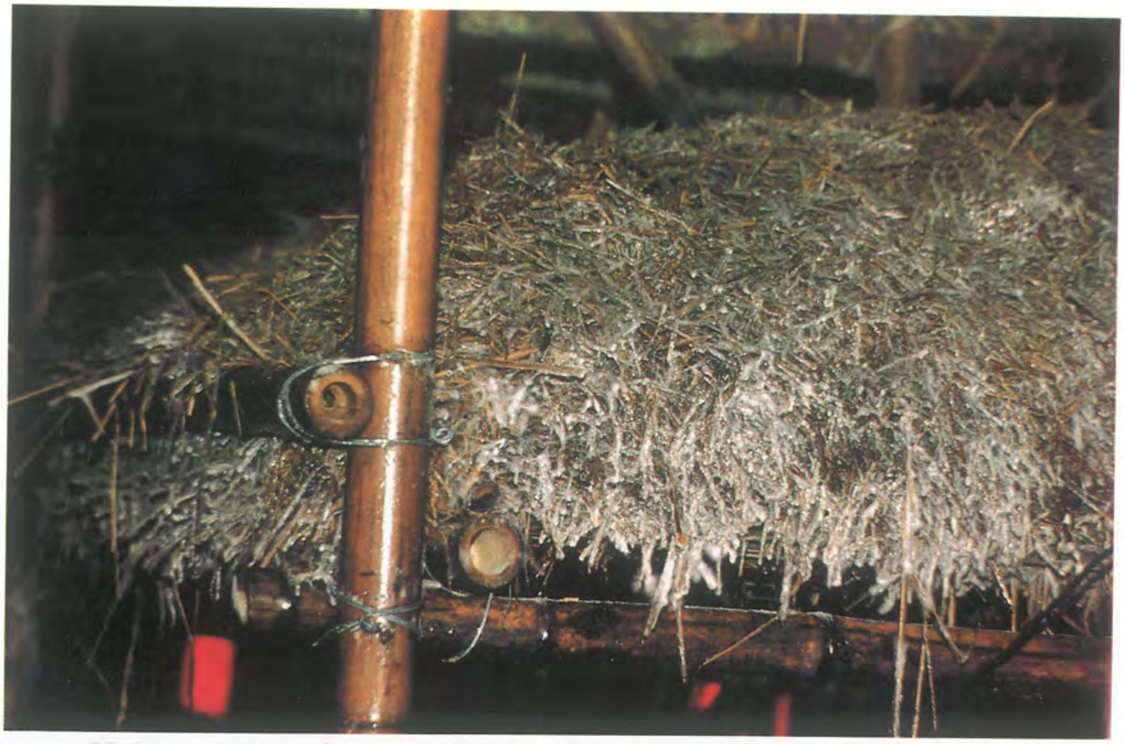
29-①	
29-②	29-③

圖29短期發酵堆肥堆製示範推廣情形

①機械切草情形

②示範區堆製情形

③推廣後在農家實施情形



30-①
30-② 30-③

圖30菌床發酵堆肥製作及推廣情形

①堆肥菌床發酵時，外部微生物生長狀況

②堆肥菌床發酵時，內部微生物生長狀況

③堆肥菌床發酵推廣後，農家實施狀況

31-① / 31-② | 31-③

圖31早期曾用過之堆肥翻堆設備(1970年～1980年)

①堆肥打散機

②堆肥筐

③堆製情形

32-①	32-②
32-③	32-④

圖32本省曾研發及引進之洋菇堆肥機械

①本省仿製之翻堆機(1974年)

②本省研發之堆肥上床機(1978年)

③本省利用工程用機械作爲洋菇堆肥翻堆之用

④本省引用荷蘭式洋菇堆肥上床設備(1985年)

33-①
33-② 33-③

圖33洋菇堆肥堆積形式

①低架式堆積法

②三角式堆積法

③小堆連堆堆積法(廣爲採用)

34-①
34-②

圖34洋菇盛產期之床面

①長期發酵栽培法前洋菇盛產期之床面

②短期發酵栽培法前洋菇盛產期之床面